

РЕЗУЛЬТАТЫ ЛАБОРАТОРНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИМПОРТНЫХ ИОНИТОВ

БУШУЕВ Е.Н., канд. техн. наук, ЛАРИН А.Б., асп.

Представлены результаты лабораторных исследований и промышленных испытаний импортных ионитов С-100, С-104, А-100, А-400 (фирмы «Purolite»), а также анионитов IRA-67 и IRA-900 (фирмы «Rohm and Haas») в фильтрах ионитной обработки воды на отечественных водоподготовительных установках. Показана возможность автоматического химического контроля качества обессоленной воды, в том числе по кремниевой кислоте, с помощью измерения электропроводности и рН.

Ключевые слова: иониты, аниониты, химическое обессоливание воды, сорбционная емкость, противоточное ионирование.

THE RESULTS OF LABORATORY AND INDUSTRIAL RESEARCHES OF IMPORTED IONITES

BUSHUEV E.N., Ph.D., LARIN A.B., postgraduate

The article contains the results of laboratory researches and industrial tests of imported ionites C-100, C104, A-100 by "Purolite" as well as IRA-67 and IRA-900 by "Rohm and Haas" in filters of ionite water treatment at home water preparing installations. The possibility of deionized water automated chemical quality control and silicic acid with the help of electroconductivity and pH.

Key words: ionites, anionites, chemical deionization of water, sorptive capacity, counter flow ionization.

В лаборатории кафедры ХХТЭ ИГЭУ была проведена серия лабораторных исследований по определению динамических сорбционных характеристик ионитов фирмы «Purolite» в условиях противоточной технологии химического обессоливания. Технологическая схема, разработанная фирмой-производителем «Chriga» (Германия), обеспечивает Н-катионирование и ОН-анионирование осветленной одной коагуляцией природной воды (р. Шексна). Для ионитной обработки применяются двухкамерные фильтры (рис. 1). Катионитный фильтр загружен парой катионитов: слабокислотным катионитом типа рFC-104 (нижняя камера) и сильнокислотным типа рFC-100 (верхняя камера). Анионитный фильтр загружен парой анионитов: слабоосновным анионитом рFA-100 и сильноосновным рFA-400. Такой подбор ионитов рекомендуется также фирмой «Purolite».

Были проведены лабораторные исследования ионитов по технологии Shwebbett на водопроводной воде. Показатели качества воды по стадиям обработки приведены в табл. 1. Условия окончания фильтроцикла отвечают увеличению в обессоленной воде концентрации кремниевой кислоты до 150–200 мкг/л.

Результаты исследования (табл. 1) позволяют сделать вывод о том, что основная сорбционная нагрузка идет на высокоосновной анионит (рFA-400, второй по ходу воды) как по анионам слабых кислот (бикарбонатов и силикатов), так и по органическим веществам. В этом случае анионит рFA-400 в цепочке ионообменной технологии является наиболее слабым звеном. При ухудшении сорбционных свойств анионита рFA-400 одновременно ухудшается качество обессоленной воды, что недопустимо. Анализ отработанных регенерационных растворов подтвердил это положение. При соотношении объемов анионитов рFA-100 и рFA-400 1:1,5 на слабоосновном анионите за фильтроцикл сорбировано 23 % от суммы всех анионов, из них бикарбонатов только 3,6 %. На сильноосновном анионите рFA-400 сорбировано 77 % всех анионов, из них около 75 % бикарбонатов. Таким об-

разом, большая часть сорбционной емкости сильноосновного анионита занята бикарбонат-ионами, а не силикат-ионами, как это должно быть.

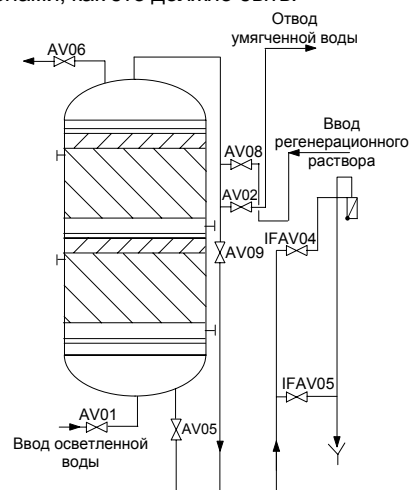


Рис. 1. Принципиальная схема Н-катионитного фильтра: AV01 – подвод осветленной воды/ввод доотмывочной воды; AV02 – выход химически очищенной воды; AV05 – опорожнение/выход отмывочной воды/выход отработанного регенерационного раствора; AV06 – воздушник; AV08 – подвод регенерационного раствора; AV09 – выход доотмывочной воды; IFAV05 – опорожнение; IFAV04 – сброс отработанного регенерационного раствора в дренаж/сброс отмывочной воды в дренаж

В процессе проведения лабораторных опытов и последующих расчетов оказалось, что сорбционная емкость пары катионитов достаточно высока во всем диапазоне расходов кислоты и резко уменьшается лишь при расходах $H_2SO_4 < 100 \text{ кг/м}^3$ для сильнокислотного катионита рFC-100. Это позволяет рекомендовать 100 кг/м^3 сильнокислотного катионита как рабочий расход реагента для промышленной водоподготовительной установки.

Таблица 1. Усредненные показатели качества воды по стадиям обработки в лабораторных опытах

Стадия обработки	Ж _о , мг-экв/л	Щ _о , мг-экв/л	[Cl ⁻]+[SO ₄ ²⁻], мг-экв/л	[Na ⁺], мг/л	ПО, мгО/л	[SiO ₃ ²⁻], мг/л	χ, мкСм/см
Исходная вода	2,9	2,4	0,6	2,2	6,3	8,3	270
После Н-катионитного фильтра (рFC-104, рFC-400)	≤ 0,01	К=0,55	0,6	0,5	6,0	8,3	227
После анионита рFA-100	≤ 0,01	–	0,015	0,5	3,6	–	27
После анионита рFA-400	≤ 0,01	0,05	–	0,5	1,2	0,03	0,6

Сорбционная емкость пары анионитов рFA-100 и рFA-400 по всем анионам ниже рекомендуемых фирмой-изготовителем значений. Это обусловлено отсутствием в схеме декарбонизатора, большой концентрацией углекислоты в поступающей воде и малой сорбционной емкостью по кремниевой кислоте.

Еще одним недостатком такой технологической схемы является малая сорбционная емкость слабоосновного анионита рFA-100 по органическим примесям (около 40 % от общего количества органических веществ, поступающих на фильтр). При этом органическая нагрузка на сильноосновной анионит превышает рекомендуемые значения.

Таким образом, для проекта промышленной установки было рекомендовано заменить анионит рFA-100 на другой, обладающий большей сорбционной емкостью по органическим веществам, установить в схеме после Н-катионитного фильтра декарбонизатор, а в случае невозможности такого решения увеличить объем сильноосновного анионита рFA-400.

Для непрерывного автоматического химического контроля качества воды, обессоленной на установке противоточного ионирования, может быть применен метод измерения χ и рН, разработанный на кафедре ХХТЭ ИГЭУ.

Принятая упрощенная методика расчета [1, 2] предполагает измерение в обессоленной воде двух физико-химических величин: удельной электропроводности (χ₂₅) и рН – и рассмотрена на примере 2 опытов. В табл. 2 приведены измеренные и расчетные значения для одного опыта.

Таблица 2. Показатели качества воды, обессоленной на противоточных Н-ОН-фильтрах в условиях лабораторного стенда, в течение полного фильтроцикла

№ пробы	Объем воды, л	Измеренные показатели			Рассчитанные показатели			
		χ ₂₅ , мкСм/см	рН	[SiO ₃ ²⁻], мкг/л	Щ _о , мкг-экв/л	[Na ⁺], мкг/л	[Cl ⁻], мкг-экв/л	[CO ₂], мкг-экв/л
1	20	0,35	8,2	<50	2	10	1,5	1,0
2	36	0,66	7,8	<50	3	140	2,8	4,8
3	50	0,75	8,0	<50	3	155	3,1	3,5
4	58	1,10	8,2	<50	5	230	4,8	3,2
5	65	9,90	9,9	87	56	2020	31,3	0,4
6	72	–	–	188	–	–	–	–

Таблица 3. Технологические показатели акрилового анионита IRA-67 за 7,5 лет эксплуатации на химводоочистке ТЭЦ-26 «Мосэнерго» (фильтр №5 первой ступени)

Показатель	Дата испытаний				
	1998	1999	2000	2001	2005
Объем обработанной воды, 1000 м ³	220	670	1100	1800	3600
Рабочая обменная емкость по анионам сильных кислот, г-экв/м ³	1200	1100	1050	1080	750
Органическая нагрузка фильтрата, (ПО) кг KMnO ₄ /м ³ смолы	8	6	5	5	4
Удельный расход NaOH на регенерацию, кг/м ³	70	77	81	81	113
Расход воды на отмывку, м ³ /м ³ смолы	15–17	18	18	20	35

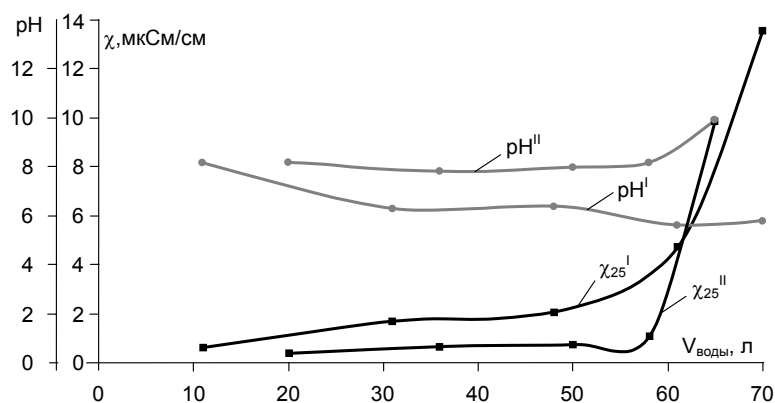


Рис. 2. Графики зависимости показателей кондуктометра и pH-метра на обессоленной воде в двух опытах на Н-ОН-ионитных фильтрах от объема пропущенной воды

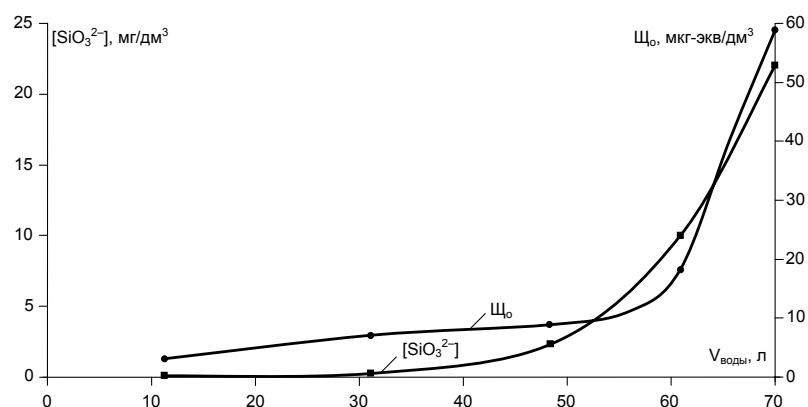


Рис. 3. Графики изменения концентраций кремниевой кислоты и щелочности в течение фильтроцикла в обессоленной воде на лабораторном стенде

Задача полного использования сорбционной емкости анионитов успешно решается при обработке воды на отдельных анионитных фильтрах с прямой регенерацией. Так, на ТЭЦ-26 «Мосэнерго» с 1998 г. успешно эксплуатируются органоемкие аниониты Amberlite IRA-67 и Amberlite IRA-900 в первой и второй ступенях установки химического обессоливания воды [3, 4]. Мы провели анализ работы одного фильтра первой ступени с анионитом IRA-67 в течение всего периода эксплуа-

тации с 1998 г. по 2005 г. Результаты анализа (табл. 3) позволяют сделать вывод о том, что основные технологические параметры имели характерную устойчивость и высокую органоемкость. Наблюдаемое в первый год эксплуатации снижение рабочей обменной емкости и увеличение расхода воды на отмывку в дальнейшем стабилизируется. В [3] отмечалось накопление в фильтре органических веществ и железа, увеличение окисляемости обработанной воды.

Таким образом, результаты данного исследования и ранее проведенных испытаний показали, что применение акрилового анионита IRA-67 в связке с анионитом IRA-900 обеспечивает минимальную загряз-

ненность пароводяного тракта органическими соединениями. Итогом работы является вывод о необходимости лабораторных исследований новых ионитов и технологий, предлагаемых фирмами-изготовителями.

Список литературы

1. Ларин Б.М., Коротков А.Н. Испытание промышленного образца системы автоматического химконтроля за обессоливанием воды // Теплоэнергетика. – 1993. – № 7. – С. 27–29.
2. Ларин Б.М., Коротков А.Н., Опарин М.Ю. Автоматический химконтроль термохимического обессоливания воды // Теплоэнергетика. – 1996. – № 7. – С. 59–62.
3. Результаты испытаний анионитов, поглощающих органические вещества в схеме обессоливания воды на ТЭЦ / Н.А. Зройчиков, И.А. Малахов, Э.Г. Амосова и др. // Теплоэнергетика. – 1999. – № 7. – С. 7–15.
4. Исследование сорбции-десорбции на анионитных фильтрах органических примесей природных вод / А.А. Гришин, Б.М. Ларин, И.А. Малахов и др. // Теплоэнергетика. – 2004. – № 7. – С. 8–11.